

---

## STUDI PROPORSI PASIR ALAM TERHADAP AGREGAT HALUS PADA LAPIS AUS ASPAL BETON

I Putu Laintarawan, Ida Bagus Wirahaji, I Nyoman Darmika Yasa  
Program Studi Teknik Sipil FT Unhi

### ABSTRAK

Pasir alam merupakan pasir yang dapat menjadi alternatif untuk mensubstitusi agregat halus pada campuran AC-WC, meskipun nilai *properties* pasir alam lebih buruk dari pada nilai *properties* agregat halus. Hal ini disebabkan karena kelangkaan dalam produksi agregat halus dari hasil pemecah batu (*stone crusher*), seperti diketahui agregat halus hasil pemecah batu (*stone crusher*) memerlukan proses yang lebih lama dan biaya yang lebih tinggi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui sejauh mana kadar pasir alam yang di ijinakan sehingga masih memenuhi persyaratan karakteristik marshall dalam spesifikasi Umum 2010 Revisi 3. Metode penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder.

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer dalam penelitian ini diperoleh dengan melakukan eksperimen laboratorium yang dikerjakan di laboratorium aspal yang terletak di *base camp* kontraktor PT. Adi Murti. Pemeriksaan *properties* pasir gunung meliputi pemeriksaan berat jenis (*bulk*, *SSD*, dan *apparent*) dan penyerapan (absorpsi). Selanjutnya dilakukan pemeriksaan persentase rongga campuran AC-WC untuk mengetahui VMA, VIM dan VFB, dilanjutkan pengujian campuran AC-WC dengan alat uji *Marshall* untuk mengetahui stabilitas, *flow* dan MQ. Benda uji dibuat dengan kadar aspal 6,3% dan alternatif persentase butiran pasir alam pada fraksi agregat halus adalah 10%, 20%, 30%, dan 40%, masing-masing 3 buah benda uji.

Hasil penelitian menunjukkan nilai *properties* pasir alam, yaitu berat jenis *bulk* 2,240 gr/cm<sup>3</sup> lebih kecil dari pada nilai *properties* agregat halus Ex. Karangasem 2,503 gr/cm<sup>3</sup>. Nilai penyerapan pasir alam 5,761% tidak memenuhi spesifikasi, yaitu maksimum 3%. Sedangkan, nilai penyerapan agregat Ex. Karangasem 1,978%. Dari pemeriksaan persentase rongga dan pengujian *Marshall* diperoleh, pada proporsi 20% pasir alam dalam fraksi agregat halus, nilai VIM sudah mencapai 5,28% tidak memenuhi spesifikasi 3% - 5%. Nilai VIM yang besar mengakibatkan campuran AC- WC tidak kedap air, retak dini, dan pelepasan butir. Pada proporsi 30%, nilai *flow* mencapai 1,93 mm tidak memenuhi spesifikasi 2 mm- 4 mm, mengakibatkan campuran AC-WC mudah retak. Jadi dalam penelitian ini pengaruh pasir alam 10% dari proporsi agregat halus 51,07% masih memenuhi spesifikasi Umum 2010 Revisi 3.

Kata Kunci: Pasir Alam, Karakteristik Marshall, Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3.

### PENDAHULUAN

Kesulitan dalam memperoleh batu pecah agregat halus dalam jumlah banyak dan kualitas yang sesuai dengan spesifikasi menyebabkan adanya penggunaan agregat alam menjadi salah satu alternatif. Penggunaan agregat alam yang halus maksudnya adalah agregat yang digunakan dalam bentuk alamiahnya dengan sedikit atau tanpa pemrosesan sama sekali. Agregat alam yang berukuran agregat halus (*Fine Agregate*) yang umum digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan adalah pasir (Aminsyah, 2014).

Proses pemecahan batu dengan *stone crusher machine* di *quarry* sering kali menghasilkan persentase antara agregat kasar dan agregat halus yang tidak seimbang. Hal ini sangat dipengaruhi oleh kekerasan batuan dan kualitas *stone crusher machine* yang digunakan. Demikian juga dari efisiensi biayanya pun, tidaklah ekonomis menggunakan material dari pemecah batu untuk memenuhi seluruh kebutuhan agregat halus. Sementara dalam campuran Laston yang bergradasi seragam mempunyai perbedaan persentase antara agregat halus dan kasar yang hampir sama. Sehingga dalam pelaksanaan di lapangan yang membutuhkan agregat halus dalam jumlah besar, akan lebih efektif dan ekonomis bila diupayakan material lain seperti pasir alam sebagai pengganti agregat halus (Lusyana, 2015).

Dengan adanya kesulitan di lapangan akan pasokan agregat halus dari batu pecah dalam jumlah yang besar, maka mendorong dilakukannya penelitian-penelitian penggunaan pasir alam dalam campuran Laston. Penelitian mengenai penggunaan pasir alam telah dilakukan oleh para penelitian. Christian (2005), meneliti parameter Marshall campuran Laston bergradasi AC-WC menggunakan pasir sungai Cikapundung. Pengujian dilakukan di Laboratorium dengan menggantikan agregat halus dengan pasir sungai dengan kadar yang berbeda-beda, yaitu: 0%, 20%, 40%,

60%, 80%, dan 100%. Uji Marshall dilakukan untuk menentukan parameter Marshall seperti VIM, VMA, VFB, Stabilitas, *Flow*, dan *Marshall Quotient*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai parameter Marshall AC-WC dengan agregat halus menggunakan pasir Cikapundung tidak memenuhi syarat kecuali nilai stabilitas dan VMA.

Lusyana dan Natalia (2010), meneliti pengaruh penggunaan pasir sungai pada campuran Laston Lapis Aus (AC-WC) berdasarkan Spesifikasi Kimpraswil 2005. Persentase pasir sungai yang digunakan dalam campuran AC-WC bervariasi, yaitu 10%, 15%, dan 20% terhadap berat total campuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pasir sungai sebagai substitusi abu batu dalam campuran AC-WC mengakibatkan menurunnya nilai-nilai Marshall masing-masing sebesar: campuran A = 1,205 kg, campuran B = 1135 kg, campuran C = 990 kg, dan campuran D = 920 kg. Nilai kadar aspal optimum (KAO) campuran AC-WC semakin besar, dengan makin bertambahnya persentase pasir sungai dalam campuran.

Penelitian-penelitian di atas menggunakan pasir sungai sebagai alternatif terhadap agregat halus (*Fine Agregate*). Pada penelitian ini, material alternatif yang digunakan adalah pasir gunung atau pasir vulkanik. Seperti diketahui, di Bali justru pasir sungai sudah semakin langka. Penambangan dalam jumlah yang besar dilakukan terhadap *quarry-quarry* pasir vulkanik, seperti di Desa Sebudi, Kintamani, Seraya dan lain sebagainya. Sedangkan, pasir sungai di Bali hanya boleh ditambang di beberapa lokasi oleh warga setempat.

### **Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah Untuk mengetahui nilai properties dari material pasir gunung Desa Sebudi Karangasem dan untuk mengetahui pengaruh penggunaan pasir gunung Desa Sebudi Karangasem terhadap karakteristik Marshall campuran AC-WC.

Manfaat yang dapat diharapkan dalam penelitian ini adalah Untuk mengetahui pengaruh penggunaan pasir gunung Desa Sebudi Karangasem terhadap karakteristik Marshall campuran AC-WC.

## LANDASAN TEORI

Perkerasan Jalan adalah campuran antara agregat dan bahan pengikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang dipakai adalah batu pecah atau batu belah atau batu kali ataupun bahan lainnya. Bahan ikat yang dipakai adalah aspal, semen ataupun tanah liat.

Bangunan jalan atau lebih dikenal dengan konstruksi perkerasan jalan lentur biasanya terbuat dari material dasar agregat dan aspal. Aspal adalah material yang berwarna hitam dengan aroma khas, yang akan berbentuk cair pada suhu yang tinggi dan berbentuk padat pada suhu rendah. Aspal yang sering digunakan untuk membuat perkerasan jalan dikenal dengan nama hot mix atau aspal panas. Sedangkan agregat adalah batuan yang terdiri dari batu besar hingga kecil. Dapat digunakan sesuai kebutuhan konstruksi. Perkerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis bertujuan untuk menerima beban kendaraan yang melaluinya dan meneruskan kelapisan dibawahnya. Biasanya material yang digunakan pada lapisan-lapisan perkerasan jalan semakin kebawah akan semakin berkurang kualitasnya. Karena lapisan yang berada dibawah lebih sedikit menahan beban, atau menahan beban lebih ringan (Sukirman, 2003).

Pada umumnya, perkerasan jalan terdiri dari beberapa jenis lapisan perkerasan yang tersusun dari bawah ke atas, sebagai berikut:

1. Lapisan tanah dasar (*sub grade*)
2. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)
3. Lapisan pondasi atas (*base course*)
4. Lapisan permukaan/penutup (*surface course*)

### Karakteristik Marshall

Perilaku campuran lapisan aspal beton dapat diketahui dengan menggunakan alat pemeriksaan *Marshall* di laboratorium. Secara analisis dapat ditentukan sifat volumetrik dari aspal beton padat, baik yang dipadatkan di laboratorium, maupun di lapangan (Sukirman, 2003).

Kelelahan (*flow*) adalah angka yang menunjukkan besarnya penurunan vertikal pada benda uji yang dinyatakan dalam mm atau 0,01" (*The Asphalt Institute*, 1983). Seperti halnya nilai stabilitas, nilai kelelahan dapat diperoleh langsung melalui pengujian terhadap benda uji dengan alat uji Marshall. Nilai kelelahan dapat dibaca langsung pada arloji kelelahan.

Rongga antar Butiran (VMA) adalah volume rongga yang terdapat di antara partikel agregat suatu campuran yang telah dipadatkan, yang dinyatakan dalam persen (%). Rongga antar butiran ini termasuk juga rongga yang terisi oleh aspal. Volumerongga udara dalam persen dapat ditentukan dengan Rumus 2.1.

$$VIM = 100 \times \left( \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \right) \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana: VIM = rongga udara campuran padat, persen total campuran, G<sub>mb</sub> = Berat jenis bulk campuran padat, G<sub>mm</sub> = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara nol.

Rongga dalam Campuran (VIM) adalah volume total udara yang berada di antara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang telah dipadatkan, dan dinyatakan dalam persen (%) volume bulk (Puslitbang, 2000). Perhitungan VMA terhadap berat campuran total seperti Rumus 2.2.

$$VMA = 100 \times \left( \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \right) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana: VMA = Rongga di antara mineral agregat, persen volume bulk, Gsb = Berat jenis bulk agregat, Gmb = Berat jenis bulk campuran padat, Ps = Kadar Agregat, persen total campuran. Perhitungan VMA terhadap berat total agregat seperti Rumus 2.3.

$$VMA = 100 - \left( \frac{Gmb}{Gsb} \right) \times \frac{100}{100 + Pb} \times 100 \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana Pb = kadar aspal, persen total campuran, Gsb = Berat jenis bulk, agregat, Gmb = Berat jenis bulk campuran padat Rongga Terisi Aspal (VFB) adalah bagian dari rongga yang berada diantara mineral agregat (VMA) yang terisi aspal efektif, dinyatakan dalam persen (%). Dalam suatu campuran sudah tentu terdapat rongga (void), dimana rongga ini bisa terisi maupun tidak terisi. Rongga yang tidak terisi, artinya diisi oleh udara. Rongga terisi bisa diisi oleh air, aspal, maupun filler. VFB dapat dicari dengan Rumus 2.4.

$$VFB = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana, VFB = Rongga udara terisi aspal, persen dari VMA, VMA = Rongga di antara mineral agregat, persen volume bulk, VIM = rongga udara campuran padat, persen total campuran. Marshall Quotient (MQ) adalah angka yang menunjukkan tingkat kelenturan (flexibility) suatu campuran. MQ merupakan rasio nilai stabilitas dengan kelelahan (flow). ditunjukkan pada Rumus 2.5.

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots(2.5)$$

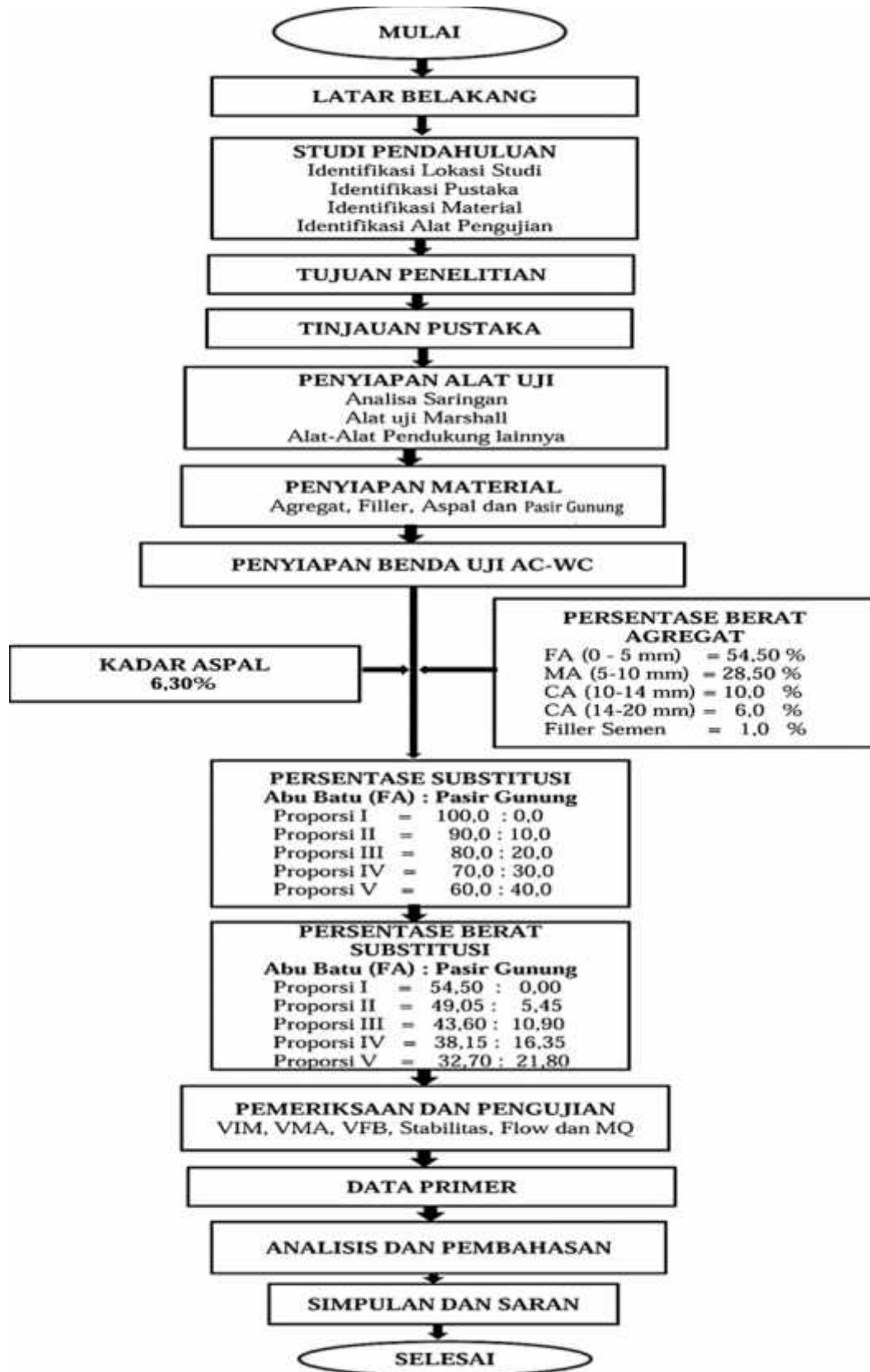
Dimana MS = Stabilitas Marshall, dalam kg, MF = Kelelahan Marshall (mm)

**METODE PENELITIAN**

Penelitian ini bersifat eksperimen di Laboratorium. Penelitian dilakukan di Laboratorium Unit Pelayanan Terpadu (UPT) Bina Marga Provinsi Bali, Benda uji dibuat dengan dasar menggunakan sistem pencampuran aspal panas *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC). Material penyusun campuran AC-WC seperti agregat kasar, agregat sedang, agregat halus (abu batu) digunakan material agregat dari Desa Sebudi, Kecamatan Selat Kabupaten Karangasem.

Serangkaian percobaan yang akan dilakukan di laboratorium diperkirakan memerlukan waktu sekitar 15 hari. Kegiatan di laboratorium ini menghasilkan data primer. Sedangkan data sekunder berupa *Job Mix Formula* (JMF) AC-WC diambil dari dokumen kontrak pada Paket Proyek Pemeliharaan Berkala Jalan Denpasar-Sanur Tahun Anggaran 2016.

Dari serangkaian eksperimen di laboratorium, diperoleh data persentase rongga dan nilai Marshall. Selajutnya data ini dianalisis berdasarkan Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini pemeriksaan *properties* material pasir gunung dibatasi pada pemeriksaan seperti:

1. Berat jenis, meliputi berat jenis kering (*bulk*), berat jenis kering permukaan (SSD), dan berat jenis semu (*apparent*).
2. Penyerapan (absorpsi).

Tabel 4.1 Data hasil pemeriksaan *properties* agregat halus Ex. Karangasem

No	Pemeriksaan	Satuan	Rata-rata	Spesifikasi
1	Berat jenis kering ( <i>bulk</i> )	gr/cm <sup>3</sup>	2,503	
2	Berat jenis kering permukaan (SSD)	gr/cm <sup>3</sup>	2,552	
3	Berat jenis semu ( <i>apparent</i> )	gr/cm <sup>3</sup>	2,633	
4	Penyerapan (absorpsi)	%	1,978	Maks. 3%

Sumber: DPU Provinsi Bali (2016)

Tabel 4.2 Data hasil pemeriksaan *properties* material pasir alam

No	Pemeriksaan	Satuan	Rata-rata	Spesifikasi
1	Berat jenis kering ( <i>bulk</i> )	gr/cm <sup>3</sup>	2,240	
2	Berat jenis kering permukaan (SSD)	gr/cm <sup>3</sup>	2,369	
3	Berat jenis semu ( <i>apparent</i> )	gr/cm <sup>3</sup>	2,751	
4	Penyerapan (absorpsi)	%	5,761	Maks. 3%

Sumber: Hasil Analisis (2018)

Dari Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 dapat diketahui sifat-sifat dasar dari material agregat halus (FA) Ex. Karangasem dan pasir gunung. Berat jenis agregat halus (FA) Ex. Karangasem lebih baik dari pada berat jenis pasir alam, di lihat dari lebih besarnya angka berat jenis yang diperoleh dari hasil pemeriksaan di laboratorium UPT Balai Peralatan dan Pengujian Provinsi Bali yaitu berat jenis kering (*bulk*) 2,503gr/cm<sup>3</sup>, berat jenis kering permukaan (SSD) 2,552gr/cm<sup>3</sup>, berat jenis semu (*apparent*) 2,633 gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan berat jenis pasir alam lebih kecil dari pada hasil pemeriksaan di laboratorium aspal PT. Adi Murti yaitu berat jenis kering (*bulk*) 2,240 gr/cm<sup>3</sup>, berat jenis kering permukaan (SSD) 2,369 gr/cm<sup>3</sup>, berat jenis semu (*apparent*) 2,751 gr/cm<sup>3</sup>. Sekalipun, dalam Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 tidak tercantum persyaratan berat jenis material penyusun campuran aspal panas, tetapi dalam item persyaratan lainnya seperti penyerapan, material penyusun, dan stabilitas campuran aspal panas, berat jenis akan memberi kontribusi yang menentukan dalam pemenuhan persyaratan tersebut.

Semakin besar berat jenis suatu material penyusun campuran aspal panas dalam hal ini AC-WC, semakin besar pula nilai stabilitas yang diberikan. Dengan demikian, semakin besar persentase kandungan pasir alam dalam fraksi agregat halus (FA) semakin rendah nilai stabilitas yang diperoleh dalam campuran AC-WC. Tabel 4.1 memperlihatkan angka penyerapan pada material agregat Ex. Karangasem memenuhi syarat, yaitu sebesar 1,978%, kurang dari persyaratan maksimum sebesar 3%. Sedangkan, pada Tabel 4.2 memperlihatkan angka penyerapan material pasir alam lebih besar, yaitu sebesar 5,761% melampaui batas

maksimum 3% dalam persyaratan. Dengan kata lain, material pasir gunung tidak layak digunakan sebagai fraksi agregat halus dalam campuran laston.

Dalam penelitian ini nilai VMA semakin besar dengan semakin bertambahnya proporsi material pasir alam dalam fraksi agregat halus. Hal ini disebabkan oleh berat jenis pasir alam lebih kecil akan memberikan nilai VMA yang lebih tinggi. Akibat dari berat jenis pasir alam yang kecil menyebabkan berat jenis campuran semakin kecil. Kuantitas rongga berpengaruh terhadap kinerja suatu campuran karena jika VMA terlalu kecil maka campuran bisa mengalami tebal aspal yang melapisi butiran agregat akan tipis, sehingga tidak cukup kuat untuk mengikat antar butiran agregat.

Dalam penelitian ini, sampai pada proporsi material pasir alam sebesar 10% nilai VMA campuran AC-WC sebesar 15,26% masih memenuhi persyaratan minimum spesifikasi sebesar 15%. Dengan demikian, dalam penelitian ini mengenai nilai VMA tidak ada permasalahan.

Dalam penelitian ini nilai VIM bertambah seiring dengan bertambahnya kadar pasir alam dalam agregat halus (FA). Dalam penelitian ini, dapat dilihat bahwa pada pasir alam 20%, nilai VIM sudah melewati pada batas maksimum spesifikasi, yaitu 5,28%. Dengan semakin meningkatnya pasir alam, berarti semakin meningkat pula kandungan agregat porus dalam fraksi agregat halus (FA). Agregat yang porus akan menyerap aspal lebih banyak masuk kedalam pori-porinya sehingga material aspal yang sedianya diperuntukan untuk mengikat antar butiran agregat menjadi berkurang. Berkurangnya kadar aspal ini mempengaruhi nilai VIM, yaitu semakin meningkat dan berkurangnya kadar aspal ini menyebabkan pula keawetan campuran AC-WC menurun.

Dengan kadar rongga yang tinggi menyebabkan campuran kurang kedap, udara dan air dapat masuk lebih banyak. Sedangkan lapis AC-WC sebagai lapis permukaan (*surface course*) disyaratkan harus kedap air untuk mencegah air masuk meresap kedalam lapisan dibawahnya, yaitu AC-BC atau bahkan AC-Base.

Dalam penelitian ini nilai VFB semakin menurun dengan semakin bertambahnya proporsi pasir alam dalam fraksi agregat halus. Pada kondisi campuran AC-WC yang tidak mengandung pasir alam, nilai VFB sebesar 70,54%, yang berarti bahwa kadar aspal sebesar 6,3% itu sedikit terserap ke dalam pori-pori agregat, sehingga lebih banyak mengisi rongga antar agregat. Dengan semakin bertambahnya proporsi pasir alam dalam fraksi agregat halus, maka kadar aspal 6,3% tersebut banyak terserap ke dalam pori-pori pasir gunung, sehingga sisi material aspal tidak cukup untuk mengikat antar agregat.

Pada proporsi pasir alam 30% terhadap fraksi agregat halus, nilai VFB mencapai 63,58% belum melewati batas minimum yang disyaratkan dalam Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3, yaitu sebesar 65%. Nilai VFB yang lebih kecil dari persyaratan

65%, maka lapisan AC-WC akan mudah mengalami retak. Untuk mencegah hal ini, hal yang sering dilakukan adalah penambahan kadar aspal. Itulah sebabnya, agregat yang porus akan boros dengan material aspal.

Pada Penelitian ini nilai stabilitas yang disyaratkan adalah lebih dari 800 kg. Lapis perkerasan dengan stabilitas kurang dari 800 kg akan mudah mengalami *rutting*, karena perkerasan bersifat lembek sehingga kurang mampu mendukung beban. Sebaliknya jika stabilitas perkerasan terlalu tinggi maka perkerasan akan mudah retak karena sifat perkerasan menjadi kaku. Pada proporsi 40% memiliki

stabilitas 1.162,86 kg, masih memenuhi persyaratan minimum stabilitas yaitu sebesar 800 kg. Penurunan stabilitas ini terjadi akibat berkurangnya kadar aspal yang mengikat antar butiran agregat. Berkurangnya kadar aspal yang mengikat antar butiran agregat disebabkan semakin banyaknya kandungan pasir alam dalam fraksi agregat halus. Seperti disebutkan, butiran pasir alam sangat porus, mudah menyerap unsur cair seperti air dan aspal. Tetapi, nilai stabilitas bukanlah satu-satunya indikator yang dapat dipakai untuk menentukan kualitas suatu campuran aspal panas. Pada penelitian ini nilai *flow* berkurang seiring bertambahnya kadar pasir alam pada fraksi agregat halus. Pada kondisi campuran tanpa penambahan material pasir alam nilai *flow* diperoleh, sebesar 3,1 mm penambahan material pasir alam dengan proporsi 10% pada fraksi agregat halus dapat menurunkan nilai *flow* menjadi 2,72 mm. Pada proporsi material pasir alam 20%, nilai *flow* sudah tidak memenuhi persyaratan yaitu 1,95 mm sudah berada dibawah batas minimum 2 mm.

Pada penelitian ini, nilai MQ yang diperoleh cukup besar. Sekalipun dalam Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 tidak ada pembatasan nilai minimum dan nilai maksimum MQ, bukan berarti campuran tidak bermasalah. Campuran AC-WC tanpa penambahan material pasir gunung mencapai nilai 405,42 kg/mm sudah melebihi nilai 400 kg/mm. Pada Tabel 4.7, nilai MQ bertambah naik seiring dengan penambahan material pasir alam. Pada proporsi material pasir alam 20% terhadap fraksi agregat halus, nilai MQ mencapai nilai sebesar 588,15 kg/mm. Tingginya nilai MQ ini terjadi akibat semakin rendahnya nilai *flow* sebagai faktor pembagi terhadap nilai stabilitas. Menurunnya nilai *flow* disebabkan oleh kurangnya kadar aspal yang mengikat antar butiran agregat akibat diresapnya aspal oleh material pasir alam yang porus.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Adapun simpulan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Nilai Indeks Kepipihan (IP) agregat material penyusun AC-WC mempengaruhi nilai propertiesnya, yaitu:
  - 1) Semakin besar nilai IP agregat semakin kecil nilai berat jenis agregat, yaitu berat jenis *bulk*, SSD, dan *Apparent*. Di mana, nilai berat jenis sudah tidak dimasukkan dalam persyaratan Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3.
  - 2) Semakin besar nilai IP agregat semakin besar pula nilai penyerapan/absorpsi suatu agregat. Dalam penelitian ini, semua nilai penyerapan memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3, di bawah 3%.
  - 3) Semakin besar nilai IP agregat semakin besar pula nilai keausan/abrasi suatu agregat. Dalam penelitian ini, agregat dengan nilai IP 25,65% memiliki nilai abrasi 41,624%, lebih dari persyaratan minimum Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3, yaitu min 40%. Demikian juga, agregat dengan nilai IP 30,09% memiliki nilai abrasi 45,517%.
2. Nilai Indeks Kepipihan (IP) agregat material penyusun AC-WC mempengaruhi karakteristik Marshall campuran AC-WC, yaitu:
  - 1) Semakin besar nilai IP agregat semakin besar pula nilai VMA dengan kadar aspal yang tetap konstan 6,3%. Hal ini disebabkan butiran agregat



- yang pipih membentuk rongga yang lebih banyak dalam campuran beton aspal.
- 2) Semakin besar nilai IP agregat semakin kecil nilai VFB. Dengan kadar aspal yang tetap konstan 6,3%, di mana nilai VMA makin besar, maka makin sedikit persentase rongga dalam agregat (VMA) yang terisi aspal. Sampel agregat ke-5 dengan nilai IP 30,09% memiliki nilai VFB 64,29%, kurang dari persyaratan Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3, minimum 65%. Akibatnya, campuran AC- WC rentan mengalami gejala *crack* (retak) dan *fatigue* (patah).
  - 3) Semakin besar nilai IP agregat semakin besar nilai VIM campuran, pada kadar aspal yang tetap konstan 6,3%. Nilai VIM terlampaui pada sampel agregat No. 3, 4 dan 5, masing-masing nilai VIM 5,16%; 5,48%; dan 6,92%. Campuran AC-WC rentan mengalami gejala *crack* (retak) dan *fatigue* (patah).
  - 4) Semakin besar nilai IP agregat semakin kecil nilai stabilitas campuran, dengan kadar aspal yang tetap konstan 6,3%. Hal ini disebabkan campuran kekurangan kadar aspal karena makin banyaknya terbentuk rongga antar agregat (VMA). Nilai stabilitas dalam penelitian ini semuanya memenuhi persyaratan minimal 800 kg.
  - 5) Semakin besar nilai IP agregat semakin kecil nilai *flow* campuran, dengan kadar aspal yang tetap 6,3%. Dalam penelitian ini, sampel No. 4 dan 5 sudah tidak memenuhi Spesifikasi Umum Revisi 3 dengan interval 2 – 4 mm. Campuran AC-WC memiliki sifat kelenturan/fleksibilitas yang rendah rentan mengalami gejala *crack* (retak) dan *fatigue* (patah).
  - 6) Semakin besar nilai IP agregat semakin besar nilai *Marshall Quotient* (MQ). Dalam penelitian ini, nilai MQ memenuhi spesifikasi, tetapi jauh melebihi batas minimum. Campuran bersifat kaku/rigid, rentan mengalami gejala *crack* (retak) dan *fatigue* (patah).

## Saran

Adapun saran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai properties pasir gunung khususnya nilai penyerapan yang melampaui batas maksimum spesifikasi sebenarnya tidak layak digunakan sebagai bahan campuran AC-WC, oleh sebab itu penggunaan pasir ini di sarankan seminimal mungkin dimana dalam penelitian ini kadar pasir gunung tidak boleh lebih dari 10%.
2. Oleh karena pengaruh pasir gunung yang menyebabkan campuran AC-WC boros terhadap aspal sehingga mengurangi nilai VFB sehingga di sarankan menambah kadar aspal untuk menjaga nilai VFB memenuhi persyaratan minimal 65%.
3. Pada penelitian ini hanya meneliti material pasir gunung dari Desa Sebudi, penelitian selanjutnya dapat dilakukan penelitian dengan pasir gunung yang lainnya seperti pasir gunung seraya, pasir gunung kintamani, dan lain sebagainya.
4. Pada penelitian ini menggunakan kadar aspal tetap 6,3% yang berasal dari data sekunder, berikutnya kadar aspal dapat di variasikan sesuai dengan kadar aspal optimum yang diperoleh saat percobaan di laboratorium.

**DAFTAR PUSTAKA Sumber Buku:**

- Aminsyah. 2014. *Penggunaan Agregat Alam Dalam Campuran Beton Aspal*. Aceh: Universitas Andalas.
- Christian, Th Jimmy. 2005. *Studi Parameter marshall Campuran Laston Bregradasi AC-WC Menggunakan Pasir Sungai Cikapundung*. Bandung: Univ Kristen Maranatha.
- Hadi, A. 2011. *Karakteristik Campuran Aspal Concrete- Wearing Course (AC-WC) dengan penggunaan abu vulkanik dan bubatu sebagai Filler*. Jurnal rekayasa Vol.15 No.1, April 2011. Lampung: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Kurniawan, R. 2015. *Jenis-jenis kerusakan jalan dan penanganannya*. Yogyakarta: Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah.
- Lusyana dan Natalia. 2010. *Pengaruh Penggunaan Pasir Sungai Pada Campuran Laston Lapis Aus (AC-WC) Berdasarkan Spesifikasi Kimpraswil 2005*. Padang : Politeknik Negri Padang.
- Malik, Alfian. 2015. *Pengaruh Penggunaan Agregat Pasir Alam Terhadap Kinerja Lapisan Permukaan Asphalt treated base*. Riau: Universitas Riau.
- Sentosa, Leo Dan Imam Domel. 2014. *Penggunaan Pasir Alam Dalam Campuran Beraspal Jenis Ac-Wc Dengan Pengujian Marshall Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010*. Riau: Universitas Riau
- Sukirman,. 1995. *Perkerasan lentur jalan raya*. Jakarta: Granit

**Sumber Internet:**

- Bulgis, Rani Bastari Alkam, 2015. *Pemanfaatan Agregat Alami dan Agregat Batu Pecah Sebagai Material Perkerasan Pada Campuran Aspal Beton*. : Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia Jl. Urip Sumoharjo KM.
- Dwikusuma. 2014. *Pengertian Umum Pasir vulkanik*. Tersedia: <http://dwikusumadpu.wordpress.com/2014/02/09/mengenal-konstruksi-lapisan-aspal/>.
- Endang Kasiati, Rachmad Basuki, Denny Setiawan. 2015. *Studi Alternatif Campuran Aspal Beton AC WC dengan Penggunaan Pasir Seruyan Kabupaten Seruyan Kalimantan Tengah* : <https://dtis.its.ac.id/>
- Gunadarma 2010. Bab3 Material Kontruksi Perkerasan Lentur. [http://elearning.gunadarma.ac.id/docmodul/rekayasa\\_jalan\\_raya\\_2/bab3\\_mater\\_ial\\_konstruksi\\_perkerasan\\_lentur.pdf](http://elearning.gunadarma.ac.id/docmodul/rekayasa_jalan_raya_2/bab3_mater_ial_konstruksi_perkerasan_lentur.pdf). [15 Agustus 2017].
- Sugianto. 2014. *Alat Laboratorium Teknik Sipil*. <http://alatlabtekniksipil.indonetwork.co.id/1068840/marshall-test-set-bi-320.htm>. [17 Agustus 2017]
- Sudarman. 2011 *Perancangan Perkerasan Jalan*. [blogspot.co.id/2011/02/perancangan-perkerasan-jalan-23.html](http://blogspot.co.id/2011/02/perancangan-perkerasan-jalan-23.html) [20 Agustus 2017].
- Yasrudin. 2015. *Studi Pasir SungaiI Sebagai Agregat Halus PadaLaston Permukaan (Asphaltic Concrete Wering Cours, AC-WC) : Politeknik Negri Banjarmasin*